

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-004719

(43)Date of publication of application : 12.01.2001

(51)Int.Cl.

G01R 31/302  
G01N 21/00  
G01N 27/00  
G01R 1/06  
H01L 21/66

(21)Application number : 11-178510

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 24.06.1999

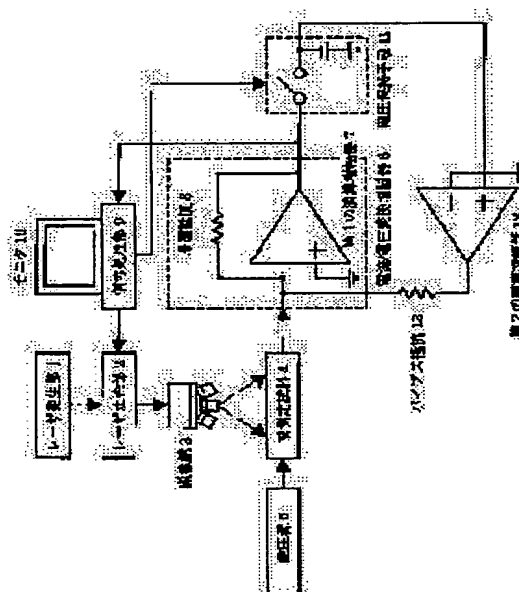
(72)Inventor : NAKAJIMA YUJI

## (54) CURRENT VARIATION MEASURING INSTRUMENT

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a current variation measuring instrument which can measure the variation of the current of a sample with a high S/N regardless of the voltage impressed upon a sample and the internal resistance of the sample.

**SOLUTION:** A current variation measuring instrument inspects a sample 4 to be measured, such as the semiconductor integrated circuit, etc., for defective spots by irradiating the sample 4 with the laser beam emitted from a laser generating section 1, by condensing the beam through a microscope 3 while the laser beam is scanned with a laser scanning section 2, and measuring the variation of the current value of the sample 4 caused by the irradiation. A voltage holding means 11, a second operational amplifier 12, and a bias resistor 13 constitute a feedback loop, and only the current corresponding to the difference between the current flowing to the sample 4 when the sample 4 is irradiated with the laser beam and the current flowing to the sample 4 when the sample 4 is not irradiated with the laser beam is measured by leading the current to a current/voltage converting amplifier 6 composed of a first operational amplifier 7 and a feedback resistor 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 通電した半導体集積回路等の試料にレーザビームを走査しながら照射して、これに伴う前記試料の電流値変化を測定することにより、前記試料の欠陥箇所を検査する電流値変化測定装置において、レーザビーム照射時に前記試料を流れる電流と非照射時に前記試料を流れる電流との差に相当する電流を生成して出力する変化電流出力手段を備え、前記変化電流出力手段の出力電流値を測定することを特徴とする電流値変化測定装置。

【請求項 2】 前記変化電流出力手段の出力電流値は、電流測定手段を用いて測定され、前記変化電流出力手段は、当該電流測定手段の出力端にその正入力端が接続され、負入力端が接地されたコンパレータと、前記コンパレータの出力に応じてアップ/ダウン動作を行うデジタルカウンタと、前記デジタルカウンタの出力をアナログ変換する D/A コンバータと、前記コンバータと前記電流測定手段の入力端の間に接続された所定のバイアス抵抗とにより構成された帰還ループであることを特徴とする請求項 1 記載の電流値変化測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路等の試料の検査装置として用いられる通電した試料にレーザビームを照射し、これに伴う試料の電流値変化を測定する電流値変化測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体集積回路等の試料の欠陥を測定する装置として特開昭 56-45045 号公報等に開示されている O B I R C H (Optical Beam Induced Resistance CHange) 解析装置が知られている。

【0003】こうした従来の O B I R C H 解析装置の基本的なブロック構成図を図 5 に示す。光源であるレーザ発生部 1 から出射されるレーザビームの光路上にこのレーザビームを入射方向に直交する 2 次元方向にラスタースキャンさせるレーザ走査部 2 と走査されたレーザビームを微小スポット径に集束させる顕微鏡 3 が配されている。顕微鏡 3 の焦点位置には、半導体集積回路等の被測定試料 4 が配置される。この試料 4 には、電圧源 5 により所定の電圧が印加されている。被測定試料 4 は、演算増幅器 7 と帰還抵抗 8 からなる電流/電圧変換増幅器 6 に接続されている。電流/電圧変換増幅器 6 は、信号処理部 9 に接続され、信号処理部 9 には、さらに、モニター 10 が接続されている。信号処理部 9 はまた、レーザ走査部 2 に接続されている。

【0004】レーザ発生部 1 から射出されたレーザビームは、レーザ走査部 2 で光路に直交する 2 次元方向にラスタースキャンされたうえ顕微鏡部 3 で集光されて被測定試料 4 表面の微細部分に照射される。この走査は信号処理部 9 によって制御される。試料 4 には、電圧源 5 に

より予め所定の電圧が印加されており、回路内には所定の電流が流れている。試料 4 のレーザビームを照射されている箇所では、レーザビームを吸収してその温度が上昇し、抵抗率が変化するため、試料 4 を流れる電流値も

05 変化する。ボイド等の欠陥がある箇所では熱伝導が悪いため、こうした箇所にレーザを照射した場合は、周囲へ熱が逃げにくいために温度上昇が大きくなり、それに伴う抵抗率変化も大きく、結果として電流値変化も大きくなる。

10 【0005】この電流値を電流/電圧変換増幅器 6 により電圧値に変換して信号処理部 9 に転送する。信号処理部 9 は、この電圧値の差を輝度情報に変換してレーザビーム照射位置に対応して並べた画像情報を生成してモニター 10 に表示する。これにより、試料の欠陥箇所を画

15 面上で確認することができる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】この電流変化測定装置における電流/電圧変換増幅器 6 の信号対雑音比 S/N は

(1) 式で表すことができる。

20 【0007】 $S/N = \Delta I \times (R_g / 4kTB)^{1/2} \dots (1)$

ここで  $\Delta I$  は検出しようとする電流の変化分、 $R_g$  は帰還抵抗 8 の抵抗値、 $k$  はボルツマン定数、 $T$  は温度、 $B$  は演算増幅器の周波数帯域である。(1) 式から電流/電圧変換増幅器 6 の S/N を上げるためには、帰還抵抗 8 の抵抗値  $R_g$  を大きくする必要があることがわかる。一般に

25 には、100 K  $\Omega$  以上の抵抗が帰還抵抗 8 として用いられている。

【0008】一方、演算増幅器 7 の出力電圧値  $V_7$  は

(2) 式で与えられる。

30 【0009】 $V_7 = R_g \times (V_5 / R_4) \dots (2)$

ここで  $V_5$  は電圧源 5 の出力電圧値、 $R_4$  は試料 4 の内部抵抗値である。一般的な電流/電圧変換増幅器 6 の出力電圧  $V_7$  は 10 V 程度であるが、(2) 式から帰還抵抗 8 の抵抗値  $R_g$  は、試料 4 の内部抵抗  $R_4$  と電圧源 5 の出力電圧  $V_5$  によって制限されるため、試料 4 によっては、帰還抵抗 8 の抵抗値を前述の S/N 比の良い 100 k  $\Omega$  以上とすることが困難になる。

【0010】例えばパワーデバイスのように電圧源 5 の出力電圧  $V_5$  が数 K V に達し、内部抵抗は数 M  $\Omega$  以下となる試料では、電流/電圧変換増幅器 6 の出力電圧  $V_7$  を 10 V 程度とするためには、帰還抵抗 8 の抵抗値  $R_g$  は数十 K  $\Omega$  以下でなければならず、S/N 比の良い測定は望めない。逆に、100 K  $\Omega$  以上の抵抗値を有する帰還抵抗 8 を用いて測定を行おうとすると、電流/電圧変換増幅器 6 に大電流が流れ込んで飽和してしまい、測定は不可能である。

【0011】上記の問題点に鑑みて本発明は、試料の印加電圧、内部抵抗に拘らず、高 S/N で測定が可能な電流変化測定装置を提供することを課題とする。

50 【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明に係る電流変化測定装置は、通電した半導体集積回路等の試料にレーザビームを走査しながら照射して、これに伴う前記試料の電流値変化を測定することにより、前記試料の欠陥箇所を検査する電流値変化測定装置において、レーザビーム照射時に試料を流れる電流と非照射時に試料を流れる電流との差に相当する電流を生成して出力する変化電流出力手段を備え、この変化電流出力手段の出力電流値を測定することを特徴とする。

【0013】このように構成すると、実際に電流値を測定する回路には、変化電流値のみが入力されることになる。したがって、試料のレーザビーム非照射時における通電電流に拘らずに  $S/N$  比の良い測定を行うことができる。

【0014】この電流/電圧変化電流出力手段の出力電流値は、電流測定手段を用いて測定され、変化電流出力手段は、当該電流測定手段の出力端にその正入力端が接続され、負入力端が接地されたコンパレータと、コンパレータの出力に応じてアップ/ダウン動作を行うデジタルカウンタと、デジタルカウンタの出力をアナログ変換する  $D/A$  コンバータと、コンバータと電流測定手段の入力端の間に接続された所定のバイアス抵抗とにより構成された帰還ループであることが好ましい。

【0015】このように構成し、まずレーザビーム被照射で試料に通電し、電流測定手段に電流が流れ込まないようコンパレータによりデジタルカウンタの出力を調整しておき、試料にレーザビームを照射して測定を行うと、電流測定手段には照射時と非照射時の差に相当する電流のみが流れ込み正確な測定を行うことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の参照番号を附し、重複する説明は省略する。

【0017】図1は本発明に係る電流変化測定装置の第1の実施形態を示すブロック図である。最初に、本実施形態の構成を説明する。光源であるレーザ発生部1から出射されるレーザビームの光路上に、このレーザビームを光路に直交する2次元方向にラスタスキャンさせるレーザ走査部2と、走査されたレーザビームを微小スポット径に集光させる顕微鏡3が配されている。この走査は信号処理部9によって制御される。

【0018】顕微鏡3の焦点位置には、半導体集積回路等の被測定試料4が配置され、その一端には電圧源5により所定の電圧が印加される。試料4の他方端は第1の演算増幅器7の負入力端が接続され、この負入力端と出力端には帰還抵抗8が接続される。また、第1の演算増幅器7の正入力端は接地される。そして、第1の演算増幅器7の出力端は信号処理部9に接続され、信号処理部

9にはモニタ10が接続される。一方、第1の演算増幅器7の出力端は信号処理部9に制御される電圧保持手段11を介して第2の演算増幅器12の正入力端にも接続される。

05 【0019】ここで、電圧保持手段11とは入力された電圧値をそのまま出力する電圧バッファ動作と、入力された電圧値を保持して出力する電圧保持動作の2種類の動作を行うことができるもので、たとえばサンプルホールド素子を用いることができる。第2の演算増幅器12の負入力端は接地されており、また、その出力端はバイアス抵抗13を介して第1の演算増幅器7の負入力端に接続されている。電圧保持手段11、第2の演算増幅器12、バイアス抵抗13が本発明に係る変化電流出力手段に相当する。

15 【0020】続いて、本実施形態の動作を図1と図2により説明する。図2は本実施形態のタイミングチャートである。試料4は、内部抵抗値  $R_4$  の半導体集積回路であるとする。

【0021】測定装置への電源投入後、まず信号処理部9は、電圧保持手段11を電圧バッファ動作に設定して、試料4への電圧印加動作に設定する(図2(a)の時点)。このとき、第2の演算増幅器12の正入力端には第1の演算増幅器7の出力電圧が入力されるため、電圧保持手段11および第2の演算増幅器12は帰還制御ループを形成し、第1の演算増幅器7の負入力端ならびに出力端の電圧を接地電圧に固定する。ここで電圧源5により、所定の電圧  $V_5$  を試料4の一端に印加する(図2(b)の時点)。前記の帰還制御ループは、試料4の他方端を接地電圧に保つため、試料4には、

$$30 \quad I_b = V_5 / R_4 \cdots \cdots (3)$$

なるバイアス電流  $I_b$  が流れると同時に、このバイアス電流  $I_b$  はすべて第2の演算増幅器12の入力端へと流れ込むように、第2の演算増幅器12の出力電圧値を制御する(図2(c)の時点)。このとき、第2の演算増幅器12の出力電圧値  $V_{12}$  は(4)式で与えられる。

【0022】

$$V_{12} = -R_{13} \times I_b = -R_{13} \times V_5 / R_4 \cdots \cdots (4)$$

ここで  $R_{13}$  はバイアス抵抗13の抵抗値である。

【0023】試料4に電圧  $V_5$  を印可して、試料4を流れるバイアス電流  $I_b$  が安定し、第2の演算増幅器12の出力電圧値  $V_{12}$  が一定となったところで、信号処理部9は電圧保持手段11を電圧保持動作に設定して、システムを計測動作に設定する(図2(d)の時点)。ここでレーザ発生部1からレーザビームを射出する。レーザビームはレーザ走査部2により2次元方向にラスタスキャンされ、顕微鏡3で集光されて試料4に照射される。試料4の欠陥箇所にレーザビームが照射されると(図2(e)の時点)、周囲への熱伝導が悪いため照射された部分の温度が上昇して、内部抵抗値が増大し、試料4を流れる電流が小さくなる。いま、試料4を流れる電流が

$I_b$  から  $(I_b - \Delta I)$  に変化したとする。このとき、電圧保持手段 11 は電圧保持動作をしているため、第 2 の演算増幅器 12 の入力電圧は一定であるから、その出力電圧値  $V_{12}$  は変化しない。よって、第 2 の演算増幅器 12 の出力端と第 1 の演算増幅器 7 の負入力端間のバイアス抵抗 13 を流れる電流  $I_b$  も変化しない。結果としてレーザ照射に伴う試料 4 を流れる電流の変化分  $\Delta I$  のみが、第 1 の演算増幅器 7 の帰還抵抗 8 に流れることとなる。すなわち、第 1 の演算増幅器 7 とその帰還抵抗 8 は試料 4 を流れる電流の変化分  $\Delta I$  に対してのみ電流/電圧変換増幅器 6 として動作することになる。その出力電圧  $V_7$  は (5) 式で与えられる。

$$【0024】 V_7 = R_8 \times \Delta I \quad \cdots \cdots (5)$$

ここで、 $R_8$  は帰還抵抗 8 の抵抗値である。(5) 式には (2) 式のように試料 4 に電圧を印加する電圧源 5 の出力電圧  $V_5$ 、および試料 4 の内部抵抗  $R_4$  の項は存在しない。したがって、 $V_5$  および  $R_4$  に拘らず、帰還抵抗 8 の抵抗値  $R_8$  を高  $S/N$  で測定が可能なよう高抵抗値にすることができる。印加電圧  $V_5$  が高かったり、内部抵抗  $R_4$  が小さい試料、例えばパワーデバイスのような試料を測定する場合に、100 K $\Omega$  以上の高抵抗値を有する帰還抵抗 8 を利用しても、電流/電圧変換増幅器 6 が飽和することなく、正確な測定を行うことができる。

【0025】この電流/電圧変換増幅器 6 の出力電圧  $V_7$  を、レーザを照射した走査位置の情報とともに信号処理部 9 で処理すれば、被測定試料 4 の欠陥位置をモニタ 10 上に輝度変化として表示することができる。

【0026】図 3 は、本発明に係る電流変化測定装置の第 2 の実施形態を示すブロック図である。この実施形態は、図 1 に示される第 1 の実施形態の変化電流出力手段に該当する帰還制御ループ部分のうち電圧保持手段 11、ならびに第 2 の演算増幅器 12 を、コンパレータ 14 とカウンタ 15 と D/A コンバータ 16 で置き換えたことが特徴である。

【0027】具体的には、電流/電圧変換増幅器 6 の出力が負入力端が接地されたコンパレータ 14 の正入力端に入力されており、カウンタ 15 は、そのクロック入力端に信号処理部 9 から送られる基準クロックが入力され、カウンタのアップ/ダウン設定入力端とコンパレータ 14 の出力端が接続されており、カウンタ 15 の出力端が D/A コンバータ 16 のデジタル入力端に接続され、そのアナログ出力端がバイアス抵抗 13 へと接続されている。

【0028】次に、図 3、図 4 を参照して本実施形態の動作を説明する。図 4 は本実施形態のタイミングチャートである。第 1 の実施形態の動作説明と同様に、試料 4 は、内部抵抗値  $R_4$  の半導体集積回路であるとする。

【0029】まず、カウンタ 15 に信号処理部 9 から基準クロックを与えることで、システムを被測定試料 4 への電圧印加動作に設定する (図 4 (a) の時点)。この

とき、電圧源 5 により所定の電圧  $V_5$  が試料 4 の一端に印加されると (図 4 (b) の時点)、コンパレータ 14 は第 1 の演算増幅器 7 の出力電圧を接地電圧と比較し、両者が一致するようにカウンタ 15 のカウントアップ/カウントダウンを切り替える。つまり、D/A コンバータ 16 の出力電圧値  $V_{16}$  が  $V_{16} = -R_{13} \times I_b \quad \cdots \cdots (6)$  となるように帰還制御ループを調整する (図 4 (c) ~ (d) の時点)。

【0030】D/A コンバータ 16 の出力電圧値  $V_{16}$  が (6) 式を満たすと、信号処理部 9 はカウンタ 15 に与える基準クロックを停止して、システムを計測動作に設定する (図 4 (d) の時点)。

【0031】以後は、図 1 に示される第 1 の実施形態と同様に、第 1 の演算増幅器 7 とその帰還抵抗 8 は試料 4 を流れる電流の変化分  $\Delta I$  に対してのみ電流/電圧変換増幅器 6 として動作し、この変化分  $\Delta I$  を測定することで、図 1 に示される第 1 の実施形態と同様に、印加電圧  $V_5$  が高かったり、内部抵抗  $R_4$  が小さい試料、例えばパワーデバイスのような試料を測定する場合でも、100 K $\Omega$  以上の高抵抗値を有する帰還抵抗 8 が利用でき、電流/電圧変換増幅器 6 が飽和することなく、 $S/N$  比の良好な測定を行うことができる。この結果、信号処理部 9 は、試料 4 の欠陥位置をモニタ 10 上に高感度で表示することができる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、いわゆる O B I R C H 測定装置において、被測定試料を流れる電流のレーザビーム照射時と非照射時の差に相当する電流を変化電流出力手段により取り出し、この電流変化分のみを測定するため、従来の装置では測定の困難だったパワーデバイス等の試料に対しても  $S/N$  の良好な計測が可能になり、測定対象となる試料の範囲が広がる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る電流変化測定装置の第 1 の実施形態を示すブロック図である

【図 2】図 1 の装置における動作のタイミングチャートである。

【図 3】本発明に係る電流変化測定装置の第 2 の実施形態を示すブロック図である

【図 4】図 3 の装置における動作のタイミングチャートである。

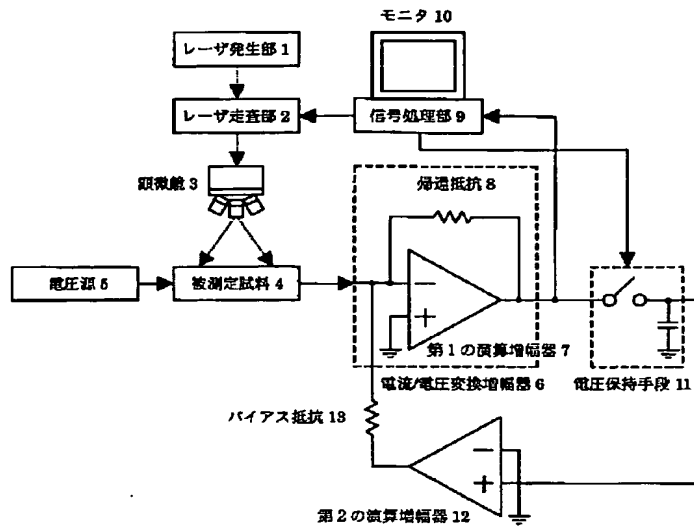
【図 5】従来の電流変化測定装置を示すブロック図である。

#### 【符号の説明】

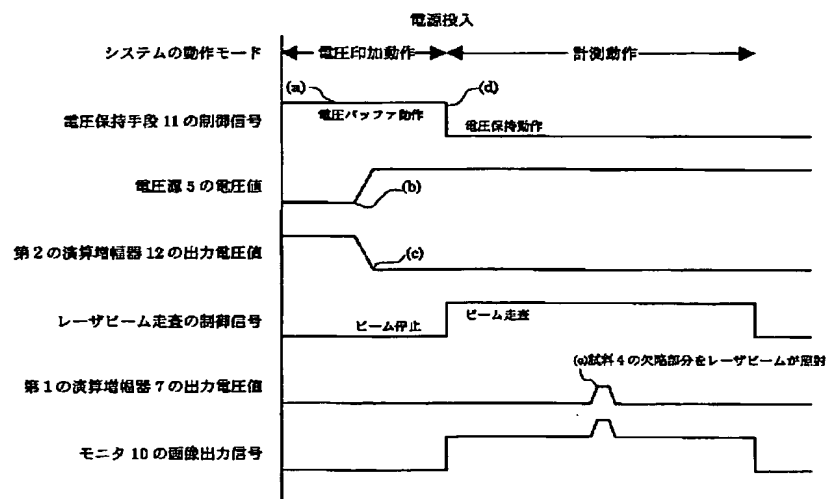
1…レーザ発生部、2…レーザ操作部、3…顕微鏡、4…被測定試料、5…電圧源、6…電流/電圧変換増幅器、7…第 1 の演算増幅器、8…帰還抵抗、9…信号処理部、10…モニタ、11…電圧保持手段、12…第 2

の演算増幅器、13…バイアス抵抗、14…コンパレータ、15…カウンタ、16…D/Aコンバータ。

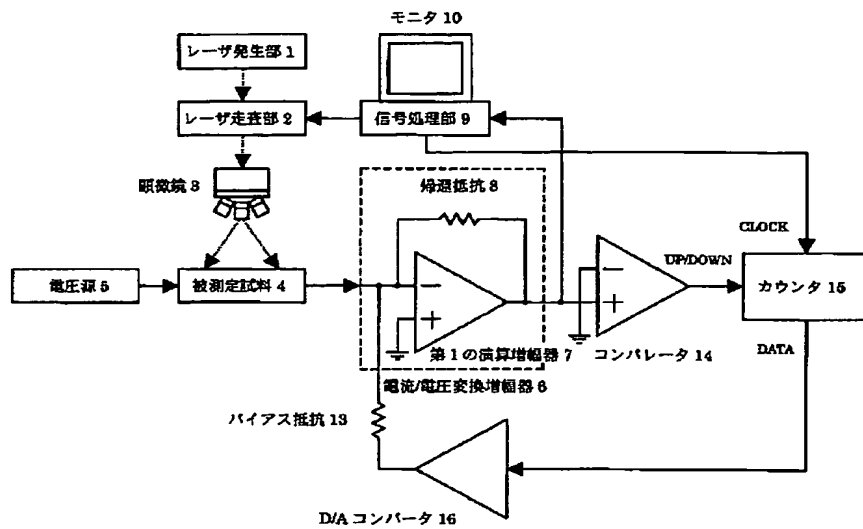
【図1】



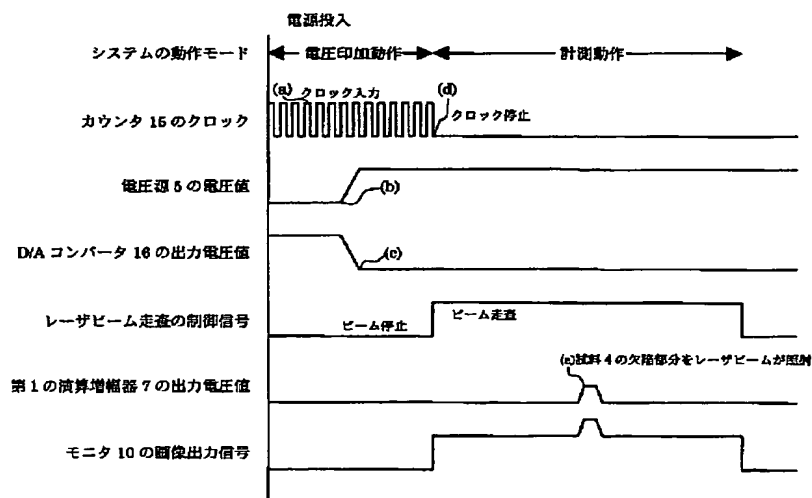
【図2】



【図3】

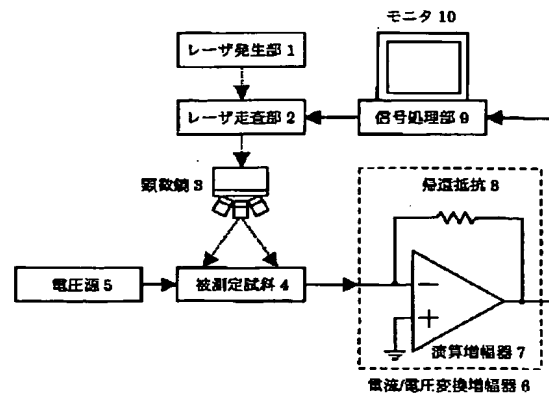


【図4】





【図 5】



フロントページの続き

F ターム (参考)	2G011 AC31	20
	2G032 AA04 AA09 AD01 AF07	
	2G059 AA05 BB16 CC20 DD13 FF03	
	GG01 KK10 MM09 MM11 NN01	
	PP04	
	2G060 AA09 AE01 AF04 AG05	25
	4M106 AA04 BA05 BA14 CA04 DH16	
	DJ18 DJ23	